

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-212672

(43)Date of publication of application : 31.07.2002

---

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

C22C 38/28

C22C 38/60

---

(21)Application number : 2001-351980

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 16.11.2001

(72)Inventor : IKEDA SHOICHI

ABE SATOSHI

MATSUSHIMA YOSHITAKE

---

(30)Priority

Priority number : 2000351533    Priority date : 17.11.2000    Priority country : JP

---

(54) STEEL MEMBER

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a steel member which is used as steel parts for machine structures combining excellent pitting resistance and fatigue strength, tools having excellent wear resistance or the like.

**SOLUTION:** The core part of the steel member has chemical components containing, by mass, 0.10 to 0.30% C, 0.15 to 1.0% Si, 0.20 to 1.0% Mn, 1.0 to 2.0% Cr and 0.05 to 0.6% Mo, are containing one or more elements selected from the group consisting of 0.005 to 0.05% Al, 0.005 to 0.05% Nb and 0.005 to 0.1% Ti, and 0.008 to 0.05% N. Further, the austenitic crystal grain size number after carburizing, quenching and tempering is  $\geq 8.5$ . The surface density of carbides having a diameter of  $\leq 0.5 \mu\text{m}$  in the surface layer part within  $50 \mu\text{m}$  from the surface is  $\geq 6.0$  pieces/ $10 \mu\text{m}^2$ . The ratio of the number of the carbides with a diameter of  $\leq 0.5 \mu\text{m}$  occupied in the total number of carbides is  $\geq 80\%$ .

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-212672

(P2002-212672A)

(43) 公開日 平成14年7月31日 (2002.7.31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	テックード (参考)
C 22 C 38/00	3 0 1	C 22 C 38/00	3 0 1 N
38/28		38/28	
38/60		38/60	

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2001-351980 (P2001-351980)	(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鉄所 兵庫県神戸市中央区臨浜町二丁目10番26号
(22) 出願日	平成13年11月16日 (2001.11.16)	(72) 発明者	池田 正一 神戸市中央区臨浜町2番地 株式会社神戸製鉄所神戸製鉄所内
(31) 優先権主張番号	特願2000-351533 (P2000-351533)	(72) 発明者	安部 聡 神戸市中央区臨浜町2番地 株式会社神戸製鉄所神戸製鉄所内
(32) 優先日	平成12年11月17日 (2000.11.17)	(72) 発明者	松島 宏武 神戸市中央区臨浜町2番地 株式会社神戸製鉄所神戸製鉄所内
(33) 優先権主張国	日本 (JP)	(74) 代理人	100057828 弁理士 小谷 悦司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 鋼部材

(57) 【要約】

【課題】 例えば高圧で使用する歯車、摺動部品、軸類等の如く優れた耐ビッチング性と疲労強度を兼ね備えた機械構造用鋼部品や、耐摩耗性に優れた工具等として用いられる鋼部材を提供する。

【解決手段】 鋼部材の心部がC: 0.10~0.30% (化学成分の場合は質量%の意味、以下同じ)、S: 0.15~1.0%、Mn: 0.20~1.0%、Cr: 1.0~2.0%、Mo: 0.05~0.6%を含み、且つ、Al: 0.005~0.05%、Nb: 0.005~0.05%、Ti: 0.005~0.1%よりなる群から選択される1種または2種以上の元素と、N: 0.008~0.05%を含み、更に、浸炭焼入・焼戻し後におけるオーステナイト結晶粒度番号が8.5以上であり、表面から50μm以内の表層部における直径0.5μm以下の炭化物の面密度が6.0個/10μm<sup>2</sup>以上で、全炭化物数に占める直径0.5μm以下の炭化物数の割合が80%以上となるようにする。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 心部がC:0.10~0.30% (化学成分の場合は質量%の意味、以下同じ)、Si:0.15~1.0%、Mn:0.20~1.0%、Cr:1.0~2.0%、Mo:0.05~0.6%を含み、且つ、Al:0.005~0.05%、Nb:0.005~0.05%、Ti:0.005~0.1%よりなる群から選択される1種または2種以上の元素と、N:0.008~0.05%を含有すると共に、浸炭焼入・焼戻し後におけるオーステナイト結晶粒度番号が8.5以上であり、表面から50 $\mu$ m以内の表層部における直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物の面密度が6.0個/10 $\mu$ m<sup>2</sup>以上で、全炭化物数に占める直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物数の割合が80%以上であることを特徴とする鋼部材。

【請求項2】 心部が、他の元素としてCa:0.005~0.05%、Zr:0.01~0.15%、Bi:0.05%以下、S:0.12%以下、Pb:0.09%以下、Mg:0.02%以下よりなる群から選択される1種または2種以上の元素を含む請求項1に記載の鋼部材。

【請求項3】 機械構造用部品である請求項1または2に記載の鋼部材。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は鋼部材に関し、より詳細には、例えば高面圧で使用される歯車、摺動部品、軸類等の如く優れた耐ビッチング性と疲労強度を兼ね備えた機械構造用鋼部品や、耐磨耗性に優れた工具等として用いられる鋼部材に関するものである。

【0002】以下では、鋼部材のうち機械構造用鋼部品として用いる場合を主体に説明する。

【0003】

【従来の技術】機械構造用鋼部品は、例えば自動車、建設機械、産業機械等における動力伝達部品として広く使用されている。このような機械構造用鋼部品に用いられる鋼材としては、これまでJIS G4104、G4105、G4103等に規定されているCr肌焼鋼、Cr-Mo肌焼鋼、Ni-Cr-Mo肌焼鋼があり、これらの鋼を成形加工した後、浸炭処理もしくは浸炭窒化処理等の表面硬化処理を施したものが機械構造用鋼部品として使用されてきた。

【0004】ところが近年、自動車、建設機械、産業機械等の高応力化や部品の小型軽量化に対する要望が高まってくるにつれて、動力伝達用歯車などの負荷応力はますます増大する傾向にあり、上述したような従来の機械構造用鋼や表面硬化処理鋼では、こうした厳しい使用環境に適応し難くなっている。

【0005】このような状況に鑑み、特に接触面圧の増加に伴う接触面の剥離損傷、すなわちビッチング損傷を

抑制するため、表層部のC濃度を高めて炭化物を微細析出させることにより表層部の高硬度化を狙った高濃度浸炭法、CD (Carbide Dispersion) 浸炭法、過共析浸炭法などが採用されている。また特開平6-158266号公報には、C:0.10~0.3%、Si:1.0%未満、Mn:0.3~1.5%、P:0.020%未満、Cr:1.50%超であって、質量比が「 $4.5 < (8 \cdot Si + 3 \cdot Cr) < 13.5$ 」を満たし、Al:0.010~0.050%、N:0.005~0.025%、残部Feからなる鋼素材を、表面炭素濃度が0.7~1.2%となるように浸炭してから焼入れ・焼戻し処理を行う高面圧部品の製法が開示されている。

【0006】また特開平6-25823号公報には、C:0.05~0.3%、Si:0.05~2%、Mn:0.3~2%、Cr:2~8%、S:0.03%以下、Al:0.015~0.06%、N:0.005~0.02%を含み、残部Feおよび不可避不純物からなり、該不可避不純物中のP (りん) を0.02%以下、O (酸素) を0.002%以下にそれぞれ制御してなる鋼を素材とし、該鋼素材によって作製された部品に、浸炭もしくは浸炭窒化処理および焼入れ・焼戻し処理を施し、表層部に平均粒径が5 $\mu$ m以下の炭化物、または炭窒化物を析出させた浸炭鋼部品が開示されている。

【0007】しかし、これら特開平6-158266号や特開平6-25823号に開示された方法で製造した機械構造用鋼部品はC含有量が高く、直径で数 $\mu$ m程度の粗大な炭化物が多数析出しているため、耐ビッチング性は満足し得るものの、曲げ疲労強度に劣るという問題がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、曲げ疲労特性を害することなく、耐ビッチング性を高めることのできた機械構造用鋼部品の他、耐磨耗性に優れた工具等としても使用することのできる鋼部材を提供しようとするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決することのできた本発明にかかる鋼部材とは、心部がC:0.10~0.30%、Si:0.15~1.0%、Mn:0.20~1.0%、Cr:1.0~2.0%、Mo:0.05~0.6%を含み、且つAl:0.005~0.05%、Nb:0.005~0.05%、Ti:0.005~0.1%よりなる群から選択される1種または2種以上の元素と、N:0.008~0.05%を含み、浸炭焼入・焼戻し処理後におけるオーステナイト結晶粒度番号が8.5以上で、且つ、表面から50 $\mu$ m以内の表層部における直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物の面密度が6.0個/10 $\mu$ m<sup>2</sup>以上で、且つ全炭化物数に

占める直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物数の割合が80%以上であるところに要旨を有しており、この鋼部材は、HV800以上の表面硬さを有している。

【0010】この鋼部材には、Ca:0.0005~0.05%、Zr:0.01~0.15%、Bi:0.05%以下、S:0.12%以下、Pb:0.09%以下、Mg:0.02%以下よりなる群から選択される1種または2種以上の元素を含有させると、優れた被削性をも併せ付与することができるので好ましい。

【0011】尚、上記「心部」とは、表面から浸炭した炭素の到達していない、Cの濃度分布がほぼ一定である鋼内部をいうものとする。

【0012】

【発明の実施の形態】発明者らは前述した様な課題の下で、鋼部材、特に曲げ疲労特性を害することなく、耐ビッチング性の高められた機械構造用鋼部品の開発を期して検討を重ねた結果、心部の化学成分を規定すると共に、表面から50 $\mu$ mまでの表層部に微細な炭化物を多数析出させ、表層硬さをHV800以上に高めてやれば、機械構造用鋼部材として耐ビッチング性が大幅に改善されることを見出した。但し、機械部品に求められる高レベルの疲労強度を確保するには、表面から50 $\mu$ m以内の表層部における炭化物のサイズと個数を厳密に制御しなければならず、該炭化物として、直径0.5 $\mu$ m以下のものが面密度6.0個/10 $\mu$ m<sup>2</sup>以上で、全炭化物数中に占める直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物数の割合が80%以上であるものは、機械構造用鋼部材として前述した要求特性を満たすものとなることを知り、本発明に想到したものである。

【0013】以下、本発明で定める各数値限定の理由について詳述する。まず表面から50 $\mu$ mまでの表層部における炭化物の面密度であるが、直径0.5 $\mu$ m以下のものが面密度で6.0個/10 $\mu$ m<sup>2</sup>以上でなければならず、面密度が6.0個/10 $\mu$ m<sup>2</sup>未満では、本発明で意図するレベルの耐ビッチング性が得られない。また、直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物が全炭化物数中に占める割合は80%以上でなければならず、80%未満では、20%を超えて存在する直径0.5 $\mu$ m超の炭化物が破壊の起点となり、機械構造用鋼部品の曲げ疲労強度に悪影響が現われる。しかし、直径0.5 $\mu$ mを超える炭化物の個数が全炭化物数中に占める比率で20%未満であれば、疲労強度に与える影響は小さく、実用上の問題となることはない。

【0014】曲げ疲労特性を劣化させることなく優れた耐ビッチング性を確保する上でより好ましい前記面密度は8.0個/10 $\mu$ m<sup>2</sup>以上、更に好ましくは10.0個/10 $\mu$ m<sup>2</sup>以上で、直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物が全炭化物数中に占めるより好ましい比率は90%以上、更に好ましくは95%以上である。

【0015】更に本発明においては、上記要件に加え

て、心部の化学成分が適切な鋼材を使用することが必要であり、それらの総合により表層部の硬さでHV800以上を確保し、優れた耐ビッチング性および曲げ疲労強度を両立することが可能となる。以下、本発明で定める鋼材の化学成分について、各成分の限定理由を説明する。

【0016】C:0.10~0.30%

Cは鋼部材として必要な心部硬さを確保する上で欠くことのできない元素であり、0.10%未満では心部硬さが不足し、機械構造用鋼部品や工具として強度不足となる。しかしC量が多くなり過ぎると、心部硬さが過度に高くなって冷鍛加工性や被削性が劣化するので、0.30%以下に抑えなければならない。こうした観点から、Cのより好ましい下限は0.15%、より好ましい上限は0.25%である。

【0017】Si:0.15~1.0%

Siは、本発明における最も重要な元素の1つで、鋼材の表層部に析出する炭化物を微細化する作用を有しており、本発明の鋼材を浸炭処理したときに、表層部において微細な炭化物を多数析出させ、直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物を面密度で6.0個/10 $\mu$ m<sup>2</sup>以上存在させる上で重要な要件となる。しかも、適量のSiは鋼マトリックスを強化し、表層の硬度を更に高める作用も発揮する。鋼中のSiが0.15%未満では、こうした作用が十分に発揮されず、表層の炭化物が粗大化すると共に面密度も小さくなり、満足のいく表面硬度が得られなくなる。逆にSi量が1.0%を超えると、鋼部材を製造する際に、球状化焼鈍後の硬さが高くなり過ぎて被削性や冷間鍛造性が劣悪となる。こうした観点から、Siのより好ましい下限は0.35%、より好ましい上限は0.6%である。

【0018】Mn:0.20~1.0%

Mnは、脱酸剤として作用し酸化物系介在物量を低減して部材の内部品質を高める作用を発揮すると共に、有効硬化層深さや心部硬さを確保する上でも有効に作用する。こうした作用を有効に発揮させるには、Mnを0.20%以上、より好ましくは0.25%以上含有させるべきであり、0.20%未満では有効硬化層深さや心部硬さが不足し、十分な疲労強度が得られなくなる。逆にMnが1.0%を超えると、表層部における残留オーステナイト量が過度に多くなり、表層部が硬度不足となる。こうした観点から、Mnのより好ましい含有率は0.25%以上、0.80%以下である。

【0019】Cr:1.0~2.0%

Crも本発明における重要な元素の1つであり、適量のCrの添加によって、浸炭時における炭化物の析出を促進することが可能となる。ちなみに、Cr量が1.0%未満では上記作用が有効に発揮されず、加えて鋼部材の焼入性も低下し、必要とされる有効硬化層深さや芯部硬さが不足気味となって疲労強度が劣化する。しかし2.

0%を超えてCrを過度に含有させると、心部硬さが高くなり過ぎて被削性不良となる。Crのより好ましい下限は1.25%、より好ましい上限は1.50%である。

【0020】Mo:0.05~0.6%

Moも重要な元素であり、表層部の浸炭層における炭化物の析出量を増すと共に、鋼マトリックスの焼入性を高め、表層部を硬質化する上で重要な役割を果たす。ちなみに、Moが0.05%未満では炭化物が生成不足となるばかりでなく、表層部に不完全焼入れ組織が生成して疲労強度を劣化させる原因になる。逆にMo量が0.6%を超えると、鋼部材が過度に硬質化して被削性や冷間加工性が劣悪となる。Moのより好ましい含有率は0.15%以上、0.5%以下である。

【0021】ところで本発明において、先に説明した如く、表面から50μm以内の表層部における直径0.5μm以下の炭化物の面密度が6.0個/10μm<sup>2</sup>以上で、且つ全炭化物数に占める直径0.5μm以下の炭化物数の割合が80%以上となる様に炭化物を析出させるには、浸炭焼入・焼戻し後において、機械部品である鋼のオーステナイト結晶粒度番号で8.5以上を確保することが必須の要件となる。これは、浸炭時に過剰に侵入した炭素が炭化物として析出する析出サイトの1つがオーステナイト結晶粒界であり、結晶粒微細化によりオーステナイト結晶粒界を増やすことで析出サイトを増加させることにより、微細な炭化物を多数析出させ得るからである。

【0022】ちなみにオーステナイト結晶粒度番号が8.5未満では、炭化物の析出サイトが少ないため直径0.5μm超の粗大な炭化物が多数析出し、直径0.5μm以下の炭化物の面密度も小さくなって耐ピッチング性や曲げ疲労特性に劣るものとなる。

【0023】こうした析出サイト増大による作用効果をより効果的に発揮させる上で、より好ましいオーステナイト結晶粒度番号は9.0以上、更に好ましくは9.5以上である。

【0024】この様に、心部組織におけるオーステナイト結晶粒度番号の大きな鋼を得るには、浸炭のための加熱工程でオーステナイト粒の成長を抑制する必要がある。そのための具体的な方法としては、鋼中に、Al:0.005~0.05%、Nb:0.005~0.05%、Ti:0.005~0.1%よりなる群から選択される1種または2種以上の元素と、N:0.008~0.05%を存在させる方法が挙げられる。即ち、これらの元素を含有させることによって鋼中に生成するAlN、NbN、TiN等の析出を利用し、浸炭加熱中におけるオーステナイト結晶粒の成長を抑制することができるのである。

【0025】そして、鋼中のAl量が0.005%未満、Nb量が0.005%未満あるいはTi量が0.0

05%未満では、結晶粒の粗大化抑制作用が有効に発揮されず、心部組織のオーステナイト結晶粒度番号を8.5以上に高めることができなくなる。一方、Al量が0.05%を超え、Nb量が0.05%を超え、あるいはTi量が0.1%を超えると、上記作用効果が飽和するばかりでなく、アルミナ系介在物やTiNの生成により曲げ疲労強度が低下したり冷間加工性が低下するといった障害が現われてくる。

【0026】更に本発明においては、上記元素に加え、Ca:0.0005~0.05%、Zr:0.01~0.15%、Bi:0.05%以下、S:0.12%以下、Pb:0.09%以下、Mg:0.02%以下よりなる群から選択される1種または2種以上の元素を含有させると、鋼部材を作製する際の切削性を大幅に改善できるので好ましい。ちなみに、これら選択元素の含有量が下限値未満では上記作用効果が十分に発揮されず、一方上限付近で各元素の上記作用効果は飽和し、むしろ粗大な複合介在物を多量に生成して曲げ疲労強度や耐ピッチング性劣化させるといった障害を生じる原因になることがある。

【0027】更に本発明においては、表層部の残留オーステナイト量が5%以上、35%以下、より好ましくは10%以上、20%以下であることが望ましい。その理由は、残留オーステナイト量が5%未満では、靱性が低くなると共に機械構造部品として使用する際他部品とのなじみが悪くなり、衝撃疲労破壊や騒音の原因になり、逆に35%を超えると、表面硬さが低下して耐ピッチング性不足になるからである。

【0028】本発明の鋼部材を得る際に採用される表面硬化処理法であるが、炭化物を微細析出させるためには、高温度浸炭やCD浸炭を採用することが望ましい。

【0029】該表面硬化処理法の具体的な方法としては、例えば、

①第1工程で、カーボンポテンシャルが1.20%程度の雰囲気下、930℃程度で8hr程度保持して浸炭し、その後の第2工程で、830℃程度で45分程度保持してから油焼入することにより再加熱焼入する方法が挙げられるが、本発明で規定の炭化物析出形態とするにあたっては、930℃にて2時間、カーボンポテンシャル1.15%の雰囲気中に保持して表層から50μm位置までの平均炭素濃度が0.9%となるまで浸炭した後、ガス冷却して室温近傍まで冷却し、その後、25℃/分以上の速度で加熱して、再度850℃でカーボンポテンシャルが0.85%の雰囲気中に1時間保持した後、コールド油焼入れし最後に焼戻しを行う方法がより具体的な一例として挙げられる。その他、

②カーボンポテンシャルが1.30%程度の雰囲気下、1000℃程度に加熱し、その後700℃程度まで冷却してから880℃程度に加熱する工程を複数繰り返す方

法

なども用いる表面硬化処理方法の一つとして挙げられる。

【0030】本発明の鋼部材は、上述の通り、部材表面に炭化物を析出させて高硬度とし、耐磨耗性にも優れているので、六角レンチのホルダー、コンクリートドリルのホルダー、鍛造用金型等の工具として使用することもできる。

#### 【0031】

【実施例】以下、実施例を挙げて本発明をより詳細に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

#### 【0032】実施例1

表1、3に示す成分組成の鋼材を小型炉によって溶製し、熱間鍛造後に溶体化処理および焼ならし処理を行った後、機械加工により直径10mm×130mm(2本)、および直径26mm×130mmの丸棒試験片、回転曲げ疲労試験片、およびローラビッチング試験片の形状に加工した。図1にローラビッチング試験片の形状を示す。回転曲げ疲労試験片としては、形状係数2.0の切欠き付き疲労試験片を用いた。そしてこれらの試験片に、図2に示すパターンで高濃度浸炭処理を施した。図2において、第1段階ではカーボンポテンシャル(Cp)が1.2%の雰囲気中で放置することにより高濃度浸炭し、更に第2段階で再加熱焼入れを行うことによって表層の浸炭部に微細な炭化物を析出させ、第3段階で焼戻し処理を行なった。

【0033】焼戻し終了後、直径10mmの丸棒試験片の1本を用いて不完全焼入れ組織の有無、炭化物の個数およびサイズの測定、結晶粒度番号の測定を、下記の方法で行なった。

\* 【表1】

No.	化学組成(質量%)											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	Nb	Ti	N	その他
1	0.15	0.51	0.33	0.010	0.012	1.32	0.31	0.028	—	—	0.011	
2	0.25	0.48	0.35	0.009	0.011	1.35	0.33	—	0.024	—	0.013	Zr0.022
3	0.18	0.42	0.34	0.011	0.012	1.30	0.32	—	0.022	—	0.015	
4	0.21	0.59	0.36	0.009	0.014	1.29	0.30	0.026	—	—	0.014	Ca0.020
5	0.20	0.52	0.28	0.012	0.014	1.29	0.34	0.025	0.020	—	0.015	
6	0.19	0.50	0.38	0.008	0.013	1.30	0.31	0.021	0.019	—	0.012	Pb0.025
7	0.19	0.49	0.31	0.010	0.012	1.25	0.30	0.022	—	—	0.016	
8	0.20	0.51	0.32	0.011	0.010	1.48	0.30	—	0.026	—	0.009	Bi0.020
9	0.22	0.48	0.31	0.013	0.014	1.31	0.17	0.023	—	—	0.011	Zr0.011
10	0.20	0.49	0.34	0.012	0.011	1.30	0.44	—	0.030	—	0.012	Ca0.025
11	0.21	0.50	0.33	0.013	0.015	1.33	0.34	0.026	—	—	0.014	
12	0.23	0.49	0.32	0.008	0.014	1.31	0.33	0.052	—	—	0.008	
13	0.22	0.48	0.33	0.009	0.012	1.30	0.31	—	0.020	—	0.015	
14	0.20	0.51	0.31	0.010	0.014	1.31	0.32	—	0.038	—	0.016	Pb0.028
15	0.18	0.51	0.32	0.012	0.011	1.38	0.34	0.026	—	—	0.009	Bi0.023
16	0.23	0.48	0.31	0.011	0.013	1.30	0.30	—	0.027	—	0.019	
17	0.19	0.49	0.39	0.010	0.011	1.43	0.38	—	—	0.018	0.018	
18	0.20	0.43	0.38	0.009	0.015	1.41	0.35	0.028	—	—	0.018	Mg0.010

#### 【0041】

50 【表2】

\* 【0034】(1)不完全焼入れ組織の有無：丸棒試験片を切断、研磨後、表面から50μm位置を倍率8,000倍でSEM観察し、不完全焼入れ組織の有無を判定。  
(2)炭化物の個数およびサイズ：上記8,000倍の写真画像処理し、炭化物の個数とサイズを求める。なお炭化物の直径の求め方は、炭化物の面積を測定した後、同じ面積となる円の直径として求める。

【0035】(3)結晶粒度番号：JIS G0551に準拠して測定する。

10 【0036】更に、焼戻し後の試験片にショットピーニング処理を施した後、直径10mmの丸棒試験片の残りを取出し、残留オーステナイトと硬度を測定する。またローラビッチング試験は、仕上げ研磨を行った後に、また回転曲げ疲労試験はそのまま試験に供し、更に下記の条件で焼ならし後の硬さを測定した。

【0037】残留オーステナイトは、X線回折によって表面から深さ50μmの位置を測定し、硬度は切断した断面において表面から50μmの位置と、直径方向中心位置で測定した。回転曲げ疲労試験は、回転数3,600rpmにて行い10'回に達しても破断しない応力を曲げ疲労強度として求めた。ローラビッチング試験には下記の条件を採用し、ビッチング損傷が生じた時をもってビッチング寿命とした。

【0038】[ローラビッチング試験条件]

面圧：3.7GPa、回転数：1,500rpm、すべり率：-40%、油温：80℃、相手ローラ：JIS G4805高炭素クロム軸受鋼SUJ2

[焼ならし後の硬さ試験] JIS Z2244に準拠して実施、試験荷重は98N。

30 【0039】試験結果を表2、4、5に示す。

【0040】

No.	直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物		オーステナイト 結晶粒度番号	残留オーステナイト (%)	硬度 (HV)	不完全 焼入れ組織
	面密度(個/10 $\mu$ m <sup>2</sup> )	割合(%)				
1	8.5	94.2	8.5	23	842	無し
2	8.3	92.1	9.0	28	848	無し
3	7.4	91.9	9.5	22	834	無し
4	10.1	98.5	8.5	24	870	無し
5	9.6	96.5	9.0	12	848	無し
6	7.8	94.7	8.5	27	860	無し
7	7.8	94.6	9.5	11	867	無し
8	8.3	91.1	10.0	28	865	無し
9	6.2	90.5	8.5	6	818	無し
10	11.5	99.5	9.5	33	880	無し
11	8.8	94.8	8.5	29	864	無し
12	8.3	94.6	9.0	22	834	無し
13	7.6	91.5	10.5	21	819	無し
14	7.9	94.3	10.5	18	823	無し
15	8.9	91.7	9.0	26	832	無し
16	7.9	92.0	9.5	16	822	無し
17	8.1	94.5	9.0	21	810	無し
18	8.5	93.0	9.0	24	816	無し

【0042】

\* \* 【表3】

No.	化学組成(質量%)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	Nb	N	その他
19	0.22	0.10	0.33	0.010	0.015	1.37	0.39	—	0.017	0.018	
20	0.21	1.06	0.31	0.011	0.013	1.36	0.40	0.022	—	0.016	
21	0.18	0.45	0.34	0.013	0.014	0.88	0.38	—	0.015	0.019	
22	0.19	0.44	0.32	0.011	0.013	2.36	0.41	0.016	—	0.011	
23	0.20	0.43	0.33	0.009	0.013	1.39	0.03	0.018	—	0.018	
24	0.19	0.42	0.35	0.012	0.011	1.41	0.72	—	0.018	0.017	
25	0.18	0.44	0.36	0.014	0.015	1.42	0.39	0.004	—	0.012	
26	0.22	0.46	0.36	0.016	0.012	1.38	0.41	—	0.004	0.014	
27	0.20	0.47	0.35	0.012	0.014	1.39	0.38	0.013	—	0.003	

【0043】

※30※ 【表4】

No.	直径0.5 $\mu$ m以下の炭化物		オーステナイト 結晶粒度番号	残留オーステナイト (%)	硬度 (HV)	不完全 焼入れ組織
	面密度(個/10 $\mu$ m <sup>2</sup> )	割合(%)				
19	3.5	75.0	9.0	29	798	無し
20	9.0	95.0	9.5	27	852	無し
21	4.2	78.5	9.5	28	748	有り
22	4.3	73.0	9.0	31	862	無し
23	3.8	80.5	9.0	37	776	有り
24	7.5	95.0	8.5	22	911	無し
25	4.6	76.9	8.5	29	854	無し
26	5.0	77.4	7.0	30	848	無し
27	4.8	77.5	8.5	32	858	無し

【0044】

【表5】



No.	回転曲げ疲労強度 (MPa)	ピッチング寿命 (回)	焼ならし後の硬さ (HV)
1	870	$3.2 \times 10^5$	158
2	850	$3.4 \times 10^5$	185
3	900	$2.8 \times 10^5$	153
4	890	$3.4 \times 10^5$	188
5	880	$3.1 \times 10^5$	157
6	860	$2.9 \times 10^5$	166
7	890	$3.0 \times 10^5$	154
8	880	$3.1 \times 10^5$	169
9	880	$2.9 \times 10^5$	152
10	870	$3.5 \times 10^5$	169
11	850	$3.1 \times 10^5$	180
12	860	$3.3 \times 10^5$	158
13	870	$3.6 \times 10^5$	161
14	890	$3.5 \times 10^5$	162
15	880	$3.1 \times 10^5$	159
16	870	$2.8 \times 10^5$	180
17	880	$3.0 \times 10^5$	157
18	890	$3.1 \times 10^5$	161
19	540	$3.5 \times 10^5$	165
20	850	$2.8 \times 10^5$	193
21	460	$1.5 \times 10^5$	153
22	520	$2.1 \times 10^5$	195
23	450	$1.6 \times 10^5$	152
24	880	$3.6 \times 10^5$	191
25	580	$6.7 \times 10^5$	155
26	590	$6.8 \times 10^5$	153
27	540	$4.5 \times 10^5$	157

【0045】表1、2において、No. 1～18は本発明の規定要件を満たす実施例であり、回転曲げ疲労強度が850MPa以上と高く、ピッチング寿命も長寿命を示している。更に、適量の快削性元素を添加したNo. 2、4、6、8、9、10、14、15、18は優れた快削性を示している。

【0046】これらに対し、表3、4におけるNo. 19～27は、本発明で定める何れかの要件を欠く比較例であり、No. 19、21、22、25～27は、直径0.5μm以下の炭化物の面密度が6、0個/10μm<sup>2</sup>未満で、全炭化物数に占める直径0.5μm以下の炭 \*

\* 炭化物数の割合が80%未満であるため、粗大な炭化物の存在によって回転曲げ疲労強度が劣り、また直径0.5μm以下の炭化物の面密度が低いいためピッチング寿命が短い。

【0047】またNo. 23では、Mo量が少ないため炭化物数不足となって表層が硬度不足となり、ピッチング寿命が短くなる他、回転曲げ疲労強度も乏しい。No. 21は、表層に不完全焼入れ組織が生成しており、微細炭化物の数も割合も少ないためピッチング寿命が短く、回転曲げ疲労強度が乏しい。

【0048】No. 20、22、24では、Si量、Cr量またはMo量が多過ぎるためか、焼ならし後の硬さが高く、切削性および冷鍛加工性が悪くて鋼部材としての適性を欠く。

【0049】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、心部の化学成分を規定すると共に、浸炭焼入・焼戻し処理後におけるオーステナイト結晶粒度番号、表層部の微細炭化物の面密度と微細炭化物数の割合を特定することによって、高い曲げ疲労強度を維持しつつ優れたピッチング寿命を示す機械構造用鋼部品や、優れた耐磨耗性を発揮する工具として使用できる鋼部材を提供し得ることになった。

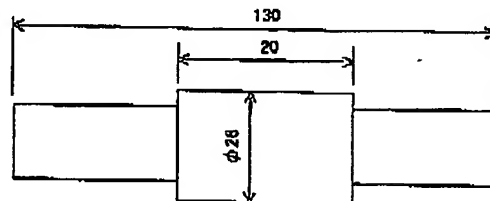
【0050】特に、上記鋼部材を、高度の耐ピッチング性と疲労強度の要求される歯車や軸類に使用することで、該歯車や軸類の耐久性を著しく高めることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】性能評価試験に用いたローラピッチング試験片の寸法・形状を示す図である。

【図2】実験で採用した高温度浸炭処理パターンを示す図である。

【図1】



【図2】

